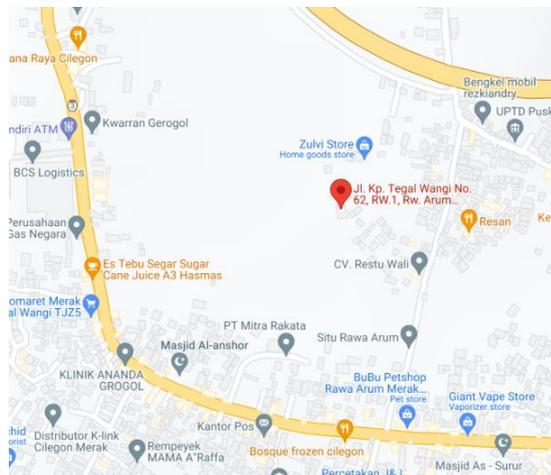


BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pendahuluan

Dalam penelitian ini dilakukan stabilisasi tanah rawa yang di dapat dari Jl. Kp. Tegal Wangi No.62, Rawa Arum, Kec. Gerogol, Kota Cilegon, Banten. Tanah tersebut akan dilakukan peningkatan sifat fisis maupun sifat mekanis dengan memanfaatkan Semen portland dan limbah Terak baja.



Gambar 5.1 Lokasi Pengambiln Sampel Tanah
(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Sampel tanah yang digunakan merupakan tanah terganggu (*disturb*). Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara menggali permukaan tanah sampai kedalam ± 20 cm, yang bertujuan untuk menghindari pengambilan tanah yang tercampur dengan material lain seperti akar, sampah dan benda – benda organik maupun anorganik lain. Pengambilan tanah tidak ditentukan jumlahnya, tanah yang diambil dimasukan kedalam karung dan dibawa ke Laboratorium Teknis Sipil Untirta.

Sebelum tanah digunakan untuk pengujian, tanah dikeringkan terlebih dahulu menggunakan *oven*. Ketika tanah sudah kering biasanya terdapat tanah yang berbeentuk bongkahan, yang mana perlu dilakukan penghancuran terlebih dahulu menggunakan palu sampai tanah tersebut minimal dapat lolos saringan No.4. Hal ini dilakukan berdasarkan beberapa standar pengujian yang berlaku.



Gambar 5.2 Tanah Asli Setelah di Oven
(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Bahan tambah yang digunakan merupakan Semen portland dengan merek Semen Padang yang dibeli seharga Rp.48.000 untuk 40 kg. Untuk Terak baja merupakan limbah hasil pembakaran dalam proses pembuatan baja, didapat dari PT. Krakatau Posco dan PT. Krakatau Steel. Terak baja yang didapat masih dalam bentuk partikel dengan dimensi yang cukup besar untuk sebuah bahan tambah, karena itu Terak baja perlu di saring terlebih dahulu menggunakan saringan No.40, hal ini mengacu pada Pedoman Perencanaan Stabilisasi Tanah Dengan Bahan Serbuk Pengikat Untuk Konstruksi Jalan (Dapartemen Pekerjaan Umum), yang menjelaskan penggunaan material tergolong polimer dengan nilai $PI \leq 6\%$ tidak dianjurkan menggunakan material lolos saringan No.200, maka dari itu terak baja yang digunakan merupakan lolos saringan No.40.



Gambar 5.3 Terak baja lolos saringan No.40
(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

5.2 Hasil Pengujian Tanah Asli

Dalam penelitian ini terdapat beberapa pengujian pada tanah asli sebelum dilakukannya pengujian tanah dengan bahan tambah, hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai awal sifat fisis dan sifat mekanis tanah sebelum

dicampurkan dengan bahan tambah. Berikut ini merupakan data hasil pengujian sifat fisis dan sifat mekanis tanah asli :

5.2.1 Kadar air

Kadar air merupakan perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah dan dinyatakan dalam persen (%). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa banyak air yang terkandung dalam sejumlah tanah.



Gambar 5.4 Sampel Tanah Rawa untuk Uji Kadar Air
(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berdasarkan standar pengujian (SNI 1965:2008), benda uji yang digunakan minimal 2 sampel untuk 1 pengujian, yaitu sampel yang lolos saringan No.10 ($\leq 2,0$ mm), No.4 (4,75 mm) dan $\frac{3}{4}$ in (19 mm). Berikut adalah data hasil perhitungan dari pengujian kadar air :

Tabel 5.1 Data Hasil Uji Kadar Air Tanah Rawa

Item	Simbol	Sieve no.4	Sieve no.10
Berat cawan (gram)	W1	174	6
Berat tanah basah + cawan (gram)	W2	280	31
Berat tanah kering + cawan (gram)	W3	239,8	19,9
Berat tanah basah (gram)	$W_{tb} = W2 - W1$	106	25
Berat tanah kering (gram)	$W_d = W3 - W1$	65,8	13,9
Berat air (gram)	$W_w = W_{tb} - W_d$	40,2	11,1
Kadar air (%)		61,09	79,86
Kadar air Rerata (%)		70,48	

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian pada **Tabel 5.1** di dapatkan hasil persentase kadar air tanah pada Kp. Tegal Wangi No.62, Rawa Arum, Kec. Gerogol, Kota Cilegon, Banten sebesar 70,48 %.

5.2.2 Berat jenis

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis butir material, yang mana berat jenis tanah (*Specific Gravity*) merupakan perbandingan berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada volume dan temperatur yang sama. Berdasarkan standar (SNI 1964:2008), sampel yang digunakan merupakan tanah yang lolos saringan No.4 dan lolos saringan No.10 dalam keadaan kering *oven*. Sampel yang sudah di siapkan dimasukan kedalam piknometer sebanyak 1/3 dari kapasitas piknometer, kemudian masukan air suling sebanyak 2/3. Setelah itu panaskan piknometer sampai gelembung udara yang terkandung dalam tanah tidak ada. Setelah itu dinginkan piknometer dengan cara merendam piknometer kedalam bak berisi air sampai temperatur tetap. Tambahkan air sampai batas yang ditentukan dan tmenimbangnyanya.



Gambar 5.5 Pengujian Berat Jenis Tanah Rawa
(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berikutnya menimbang piknometer yang berisi air dengan volume dan temperatur yang sama. Berikut ini merupakan data hasil pengujian dan perhitungan dari berat jenis :

Tabel 5.2 Data Hasil Uji Berat Jenis Tanah Rawa

Item	Simbol		Sieve No.4	Sieve No.10
Berat piknometer + contoh	W2	(gr)	468	457
Berat piknometer	W1	(gr)	192,81	200,94
Berat tanah	$W_t = W_2 - W_1$	(gr)	275,19	256,06
Temperatur		°C	27	
Faktor koreksi		k	0,9983	
Berat piknometer + air + tanah pada temperatur 27°C	W3	(gr)	941,397	919,434
Berat piknometer + air pada 29°C	W4	(gr)	778,674	772,684

$W_5 = W_t + W_4$		(gr)	1053,864	1028,744
Isi tanah	$W_5 - W_3$	(cm ³)	112,467	109,310
Berat jenis (Gs)	$\frac{W_t}{W_5 - W_3}$	(gr/cm ³)	2,447	2,343
Rata – rata		(gr/cm ³)	2,395	

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Berdasarkan hasil penelitian pada **Tabel 5.2** diketahui nilai berat jenis tanah yang didapat sebesar 2,395. Menurut Das, B.M. dalam buku Mekanika Tanah Jilid 1, tanah pada Kp. Tegal Wangi No.62, Rw.Arum, Kec. Gerogol, Kota Cilegon, Banten, terkandung mineral *Halloysite* dengan kisaran berat jenis 2,00 – 2,55. Menurut Hardiyatmo, H .C. dalam buku Mekanika Tanah 1, bahwa *Halloysite* merupakan mineral yang cukup peka terhadap perubahan kadar air.

Tabel 5.3 Klasifikasi Mineral Berdasarkan Berat Jneis Tanah

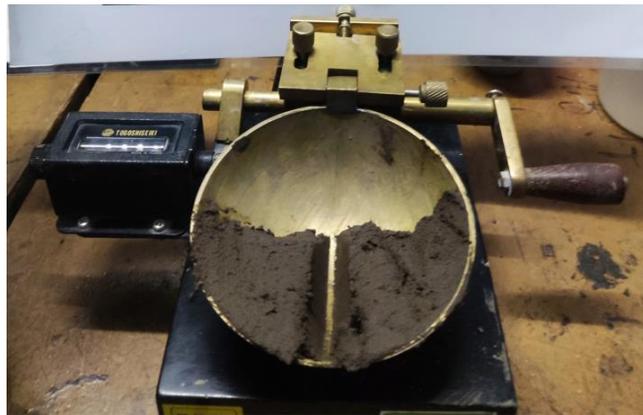
Mineral	Berat Jenis (Gs)
<i>Quartz (kwarsa)</i>	2,65
<i>Kaolinite</i>	2,6
<i>illite</i>	2,8
<i>Monimorillonite</i>	2,65 - 2,80
<i>Halloysite</i>	2,00 - 2,55
<i>Potassium feldspar</i>	2,57
<i>Sodium and calcium feldspar</i>	2,62 - 2,76
<i>Chlorite</i>	2,60- 2,90
<i>Biotite</i>	2,80 - 3,20
<i>Muscovite</i>	2,76 - 3,10
<i>Limonite</i>	3,60 - 4,00
<i>Olivine</i>	3,27 - 3,37

(Sumber : Hary Christady, 2017)

5.2.3 Batas cair

Pengujian batas cair bertujuan untuk mengetahui kadar air tanah pada batas peralihan dari kondisi cair ke kondisi plastis. Berdasarkan standar (SNI 1967:2008), pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Casagrande*. Sebelum melakukan pengujian tentukan tinggi jatuh mangkok kuning lebih dahulu dengan ketinggian 10 mm ± 0,2 mm. Pengujian ini menggunakan material tanah yang lolos saringan No.40 (0,425 mm) sebanyak 50 gram. Kemudian tanah dicampur dengan air suling ke dalam cawan *porcelain* sampai tanah menjadi homogen. Setelah itu, pindahkan tanah ke atas mangkok kuning alat *casagrande* sebagian mangkok,

ratakan permukaan menggunakan spatula. Kemudian buat alur menggunakan *grooving tool* (pembuat alur) pada bagian tengah mangkok kuningan secara vertikal hingga tanah terbagi menjadi dua dengan lebar 2 mm. Setelah melakukan langkah – langkah tadi, pengujian dapat dilakukan dengan cara memutar engkol F hingga mangkok kuningan terketuk dengan kecepatan 2 ketukan/detik, sampai kedua sisi alur sampel bersentuhan minimal sepanjang 13 mm. lalu mencatat banyak ketukan yang dibutuhkan untuk sampel tersebut bersentuhan.



Gambar 5.6 Pengujian Tanah Rawa Untuk Mengetahui Batas Cair
(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Berikutnya mengambil sebagian sampel dari mangkok kuningan dan di masukan kedalam cawan untuk di keringkan menggunakan *oven* bertemperatur $110\pm 50^{\circ}\text{C}$ selama 12-16 jam, lalu sampel ditimbang untuk mendapatkan berat keringnya. Berikut hasil perhitungan untuk penentuan batas cair tanah :

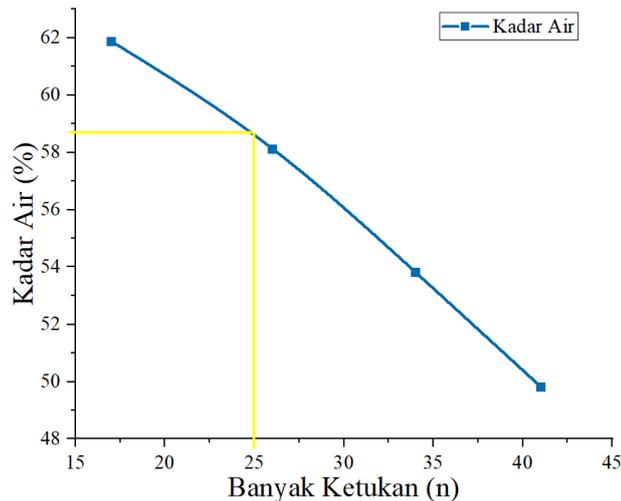


Gambar 5.7 Sampel Uji Batas Cair Tanah Rawa Setelah Di Oven
(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Batas Cair Tanah Rawa

Item	Symbol	Perhitungan			
		1	2	3	4
Nomor cawan		1	2	3	4
Banyak pukulan	n	17	26	34	41
Berat cawan + Tanah basah (gram)	W2	8,30	8,47	7,85	8,17
Berat cawan + Tanah kering (gram)	W3	6,53	6,85	6,45	6,87
Berat air (gram)	$W6=W4-W5$	1,77	1,62	1,40	1,30
Berat cawan (gram)	W1	3,80	4,05	3,75	4,10
Berat tanah basah (gram)	$W4=W2-W1$	4,50	4,42	4,10	4,07
Berat tanah kering (gram)	$W5=W3-W1$	2,73	2,80	2,70	2,77
Kadar air (%)	$\omega=(W6/W5)\times 100\%$	64,84	57,86	51,85	46,93
Kadar rata - rata (%)	ω average	55,37			
Liquid limit (perhitungan)	%	61,88	58,13	53,82	49,83
Liquid limit (rata - rata)	%	55,91			
Liquid limit (grafik)	LL	59			

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)



Gambar 5.8 Grafik Untuk Menentukan Batas Cair Tanah Rawa

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian pada **Tabel 5.4** didapatkan nilai batas cair tanah asli sebesar 59%, dengan kadar air tersebut tanah termasuk dalam kategori plastisitas tinggi. Hal ini mengutip pernyataan dari santosa, dkk. Pada buku Mekanika Tanah yaitu :

1. Plastisitas rendah $LL < 35\%$
2. Plastisitas sedang $35\% < LL < 50\%$
3. Plastisitas tinggi $LL > 50\%$

5.2.4 Batas plastis

Pengujian batas plastis merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kadar air suatu material pada batas peralihan dari kondisi plastis ke kondisi semi padat, yang di tunjukan terjadinya retakan pada sampel ketika dilakukan pengujian dengan cara menggulung material sampai material berdiameter 3 mm. Berdasarkan standar pengujian (SNI 1966:2008), tanah yang digunakan merupakan tanah yang lolos saringan No.40 (0,425 mm) sebanyak 59 gram. Dalam tahap pengujian, tanah di campurkan dengan air suling ke dalam cawan *porcelain* sampai sampel dapat di bentuk. Kemudian sampel digulung diatas plast kaca hingga membentuk batang berdiameter 3 mm. Setelah itu sampel di timbang, sebelum dikeringkan kedalam *oven* selama 12 – 16 jam dengan suhu $110 \pm 50C$ dan timbang kembali ketika sampel sudah kering. Berikut perhitungan untuk penentuan batas plastis :

Tabel 5.5 Data Hasil Uji Tanah Rawa Untuk Batas Plastis

Nomor Cawan	Simbol	Perhitungan		
		1	2	3
Berat cawan + Tanah basah (gram)	W2	9,14	8,45	9,34
Berat cawan + Tanah kering (gram)	W3	7,85	7,12	8
Berat air (gram)	$W6 = W4 - W5$	1,29	1,33	1,34
Berat cawan (gram)	W1	4,14	3,45	4,34
Berat tanah basah (gram)	$W4 = W2 - W1$	5	5	5
Berat tanah kering (gram)	$W5 = W3 - W1$	3,71	3,67	3,66
Kadar air (%)	$\omega = (W6/W5) \times 100\%$	34,77	36,24	36,61
<i>Plastic limit</i> (%)	PL	35,87		
<i>Index plasticity</i>	$PI = (LL - PL) \times 100\%$	23,13		

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)



Gambar 5.9 Benda Uji Batas Plastis Tanah Rawa Setelah Di Oven

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Mengutip dari buku Mekanika Tanah 1 (Hardiyatmo, 2017), dalam pengujian ini didapatkan nilai batas plastis dan nilai indeks plastisitas, yang mana batas plastis didapat dari kadar air pada saat batas peralihan kondisi plastis ke kondisi semi padat, dan nilai indeks plastiisitas merupakan selisih kadar air dari batas cair dan batas plastis. Nilai indeks plastisitas akan menentukan material bersifat kohesif atau non kohesif. Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan di dapatkan nilai kadar air pada batas plastis sebesar 35,87% dan nilai indeks plastisitas sebesar 23,13%, hal ini menunjukkan bahwa tanah asli pada Kp. Tegal Wangi No.62, Rawa Arum, Kec. Gerogol, Kota Cilegon, Banten tergolong tanah yang memiliki plastisitas tinggi karena nilai indeksplastisitas lebih dari 17%. Hal ini ditunjukkan berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 5.6 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Indeks Plastisitas

IP	Sifat	Jenis Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 - 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif sebagian
> 17	Plastisitas tinggi	Laempung	Kohesif sebagian

(Sumber : Hary Christasdy, 2017)

5.2.5 Analisa besar butir

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan klasifikasi tanah berdasarkan gradasi tanah. Berdasarkan standar pengujian (SNI 3423:2008), material yang digunakan merupakan tanah kering *oven* sebanyak \pm 500 gram. Pengujian ini menggunakan alat *Sieve shaker* sebagai alat bantu dalam penyaringan.



Gambar 5.10 Pengujian Besar Butir Tanah Rawa

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Sebelum melakukan pengujian, saringan di susun terlebih dahulu berdasarkan diameter terbesar sampai terkecil yaitu, No.4, No.8, No.10, No.16, No.30, No.40, No.50, No100, No.200 dan Pan. Setelah itu masukan sampel kedalam saringan yang sudah tersusun dan nyalakan alat *Sieve shaker* selama 15 menit maka alat akan mengsgguncang secara otomatis dan membuat sampel tersaring melalui saringan yang sudah tersusun. Setelah selesai, timbang saringan beserta sampel yang tertahan di atasnya dan timbang saringan tanpa sampel. Berikut perhitingan untuk menentukan hasil analisa besar butir tanah :

Tabel 5.7 Data Hasil Uji Gradasi Butir Tanah Rawa

No. Saringan	Diameter saringan	Berat tanah yang tertahan	% Berat tanah tertahan saringan	% Kumulatif dari tanah yang tertahan	% Tanah lolos saringan
4	4,75	4	0,8	0,8	99,2
8	2,36	2	0,4	1,2	98,8
10	2	3,5	0,7	1,9	98,1
20	0,6	12	2,4	4,3	95,7
40	0,425	27	5,4	9,7	90,3
60	0,25	9	1,8	11,5	88,5
100	0,15	56,5	11,3	22,8	77,2
200	0,075	102	20,4	43,2	56,8
PAN	0	284	56,8	100	0

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Menurut klasifikasi AASHTO, butir tanah dibagi menjadi 2 bagian besar yaitu :

1. Tanah berbutir kasar : $\leq 35\%$ Tanah lolos saringan No. 200
2. Tanah berbutir halus : $> 35\%$ Tanah lolos saringan No. 200

Berdasarkan data hasil pengujian laboratorium diketahui bahwa tanah asli merupakan tanah berbutir halus (lanau/lempung). Hal ini ditunjukkan dengan besarnya persentase butir tanah lolos saringan No. 200 yang mencapai 56,8%. Selain itu, dapat dilakukan pengklasifikasian tanah menggunakan Metode Klasifikasi AASHTO berdasarkan gradasi persen lolos tanah, batas cair (LL), dan nilai indeks plastisitas (PI).

$$\% \text{ Lolos saringan No. 200} = 56,80\%$$

$$\text{Batas cair (LL)} = 59\%$$

$$\text{Indeks Plastisitas (PI)} = 23,13\%$$

$$\text{Dan nilai } PI \leq LL - 30 = PI \leq 29\%$$

Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO pada Bab 3 **Tabel 3.2**, maka dapat disimpulkan bahwa tanah asli termasuk dalam kelompok tanah A-7-5, yaitu tanah dengan tipe material dominan lempung dan kualitas sedang sampai buruk sebagai tanah dasar. Di sisi lain, menurut klasifikasi USCS, tanah asli masuk ke dalam jenis lanau anorganik (MH) atau lempung organik (OH) dengan pertimbangan gradasi persen lolos tanah, batas cair (LL), dan nilai indeks plastisitas (PI).

Tabel 5.8 Perbandingan Sistem AASTHO dengan Sistem USCS

Kelompok Tanah AASTHO	Kelompok Tanah yang sebanding dengan Sistem USCS		
	Sangat Mungkin	Mungkin	Kemungkinan Kecil
A-1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A-1-b	GW, GP	GP	-
A-3	SP	-	SW, GP
A-2-4	GM, SM	SW, SP	GW, GP, SW, SP
A-2-5	GM, SM	-	GW, GP, SW, SP
A-2-6	GM, SM	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A-2-7	GM, GC, SM, SC	-	GW, GP, SW, SP
A-4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A-5	OH, MH, ML, OL	-	SM, GM
A-6	OH, MH, ML, OL	ML, OL, SC	GC, GM, SM
A-7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A-7-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC, GM, SM

(Sumber : Hary Christady, 2017)

5.2.6 Pemadatan standar

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat isi kering dan kadar air optimum suatu material. Berdasarkan standar (SNI 1742:2008), cara uji A, sampel yang digunakan merupakan tanah tertahan saringan No.4 (4,75 mm) sebanyak $\leq 40\%$, tanah yang digunakan merupakan tanah dalam keadaan kering udara atau kering oven sebanyak 2,5 kg, disiapkan untuk 5 sampel. Tahap pengujianya, berikan air pada tanah sampai homogen dan mendekati keadaan optimum, tanah dipadatkan dengan 25 tumbukan di dalam *mold* sebanyak 3 lapis dengan ketebalan yang sama sebanyak menggunakan penumbuk bermassa 2,5 kg.

Setelah itu meratakan permukaan sampel dengan pisau perata. Kemudian timbang *mold* yang berisi benda uji yang sudah dipadatkan. Selanjutnya ambil sebagian tanah dari *mold* sebanyak >100 gram untuk dilakukan uji kadar air terhadap benda uji berdasarkan standar (SNI 1965:2008). Berikut perhitungan untuk menentukan nilai kepadatan tanah :



Gambar 5.11 Benda Uji Pemadatan Tanah Rawa
(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Berdasarkan hasil data yang diperoleh pada **Grafik 5.12** dari pengujian tanah Kp. Tegal Wangi No.62, Rawa Arum, Kec. Gerogol, Kota Cilegon, Banten, di dapat kadar air optimum tanah asli sebesar 28% dengan kepadatan maksimum 1,09 gram/cm³. Kadar air optimum yang didapat akan digunakan dalam pembuatan sampel uji CBR Laboratorium.

Tabel 5.9 Data Hasil Uji Pemadatan Standar Tanah Rawa

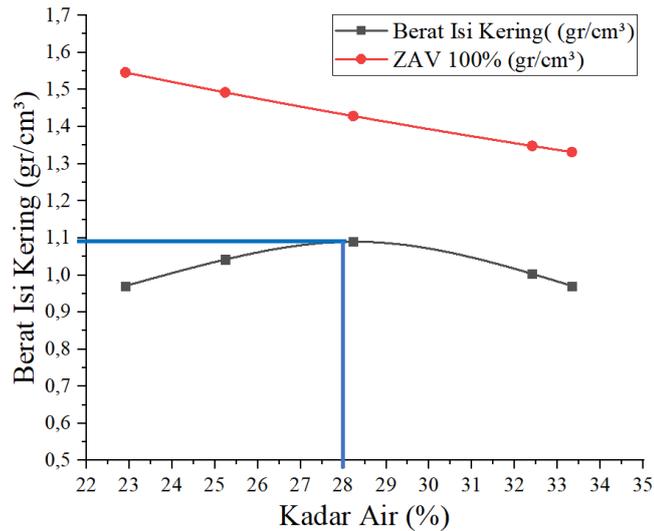
Sampel	Simbol	1	2	3	4	5
Penambahan air (cc)	ml	500	600	700	800	900
Volume mold	V mold	932,74	932,74	932,74	932,74	932,74
Berat tanah + mold (gr)	W2	5589	5693	5780	5715	5683
Berat mold (gr)	W mold	4476	4476	4476	4476	4476
Berat tanah basah (gr)	W3=W2-W mold	1113	1217	1304	1239	1207
Kepadatan basah (gr/cm ³)	$\rho=(W2-W \text{ mold})/V\text{mold}$	1,193	1,305	1,398	1,328	1,294
Kepadatan kering (gr/cm ³)	$\rho_{dn}=(\rho \times 100)/(100+\omega n)$	0,971	1,042	1,090	1,003	0,971
ZAV 100% (gr/cm ³)	$(G_s \cdot g_w)/1+(G_s \cdot w_n)$	1,546	1,493	1,429	1,348	1,332

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Tabel 5.10 Data perhitungan kadar air Hasil Uji Pemadatan Standar Tanah Rawa

Sampel	Simbol	1	2	3	4	5
Berat tanah basah + cawan (gr)	W2	259	271	267	269	254,5
Berat tanah kering + cawan (gr)	W3	237	244,6	238,6	234	226
Berat cawan (gr)	W1	141	140	138	126	140,5
Berat tanah basah (gr)	W4 = W2-W1	118	131	129	143	114
Berat tanah kering (gr)	W5 = W3-W1	96	104,6	100,6	108	85,5
Berat air (gr)	W6 = W4-W5	22	26,4	28,4	35	28,5
Kadar air (%)	$\omega = (W6/W5) \times 100\%$	22,92	25,24	28,23	32,41	33,33
Kadar air rerata (%)		28,67				

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Isi Kering Tanah Rawa
(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

5.2.7 *Dynamic cone penetrometer*

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan tanah dasar dan lapis fondasi jalan dengan prosedur yang cepat. Pengujian ini dijadikan sebagai alternatif jika pengujian CBR lapangan tidak memungkinkan untuk dilakukan. Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan alat DCP pada posisi tegak lurus diatas titik yang akan di uji, kemudian lakukan penumbukan pada tangkai bagian atas supaya terjadi penetrasi. Untuk lapis fondasi bawah atau tanah dasar yang memiliki sifat lunak, pembacaan dilakukan setiap 1 atau 2 tumbukan. Hentikan pengujian apabila pembacaan penetrasi kurang dari 1mm/3 tumbukan. berikut perhitungan untuk hasil uji DCP:

Tabel 5.11 Data Hasil Uji *Dynamic Cone Penetrometer On Field* (Tanah Rawa)

Banyak Tumbukan	Kumulatif Tumbukan	Penetrasi (mm)	Kumulatif Penetrasi (mm)	DCP (mm/Tumbukan)	CBR
0	0	90	0	148	0,920
1	1	180	90		
1	2	360	270		
1	3	520	430		
1	4	675	585		
1	5	830	740		

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)



Gambar 5.13 Pengujian DCP Pada Loksai Tanah Rawa

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berdasarkan hasil pengujian pada **Tabel 5.11**, diperoleh data pada daerah Jl. Kp. Tegal Wangi No.62, Rw. Arum, Kec. Gerogol, Kota Cilegon memiliki daya dukung CBR sebesar 0,92 %. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah pada daerah kp. Tegal Wangi termasuk dalam kategori buruk, kesimpulan tersebut merujuk pada Das, B. M dalam buku mekanika tanah jilid 1, yaitu :

Tabel 5.12 Klasifikasi dan Kegunaan Tanah Berdasarkan Nilai CBR

CBR	General rating	Uses	Classification system	
			Unified	AASTHO
0 - 3	Very poor	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Poor to fair	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Fair	Subbase	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Good	Base, Subbase	GM, GC, SW, SM, SP, GI	A1b, A2,-5, A3, A3-6
> 50	Excellent	Base, Subbase	GE, GM	A1a, A2-4, A3

(Sumber : Braja M.Das, 1995)

5.3 Hasil Pengujian Tanah Asli Dengan Bahan Aditif

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yang dilakukan terhadap tanah asli yang dicampurkan dengan bahan aditif Semen portland dan Terak baja. Pengujian yang dilakukan diantaranya pengujian berat jenis, batas cair, batas plastis dan standar pemadatan. Berikut variasi yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Variasi A : 100% Tanah asli

2. Variasi B : 100% Tanah asli + 20% Terak baja + 10% Semen portland
3. Variasi C : 100% Tanah asli + 20% Terak baja + 15% Semen portland
4. Variasi D : 100% Tanah asli + 20% Terak baja + 20% Semen portland
5. Variasi E : 100% Tanah asli + 20% Terak baja + 25% Semen portland

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku tanah terhadap penambahan Semen portland dan Terak baja. Berikut hasil dari penelitian :

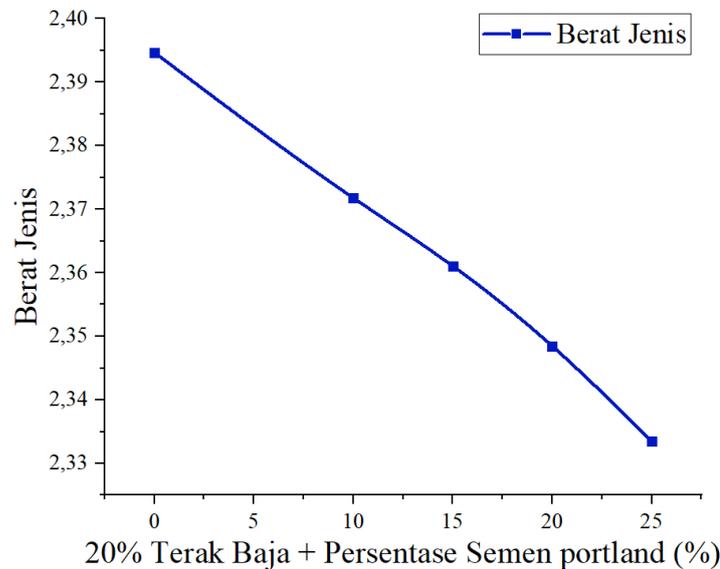
5.3.1 Berat Jenis

Pengujian ini dilakukan menggunakan tanah dalam kondisi kering *oven* lolos saringan No.4 dan No.10, dengan bahan tambah Terak baja dan Semen portland sebagaimana persentase variasinya. Berikut hasil analisa pengujian berat jenis :

Tabel 5.13 Rekapitulasi Nilai Berat Jenis Tanah Rawa Pada Setiap Variasi

Variasi	Berat Jenis	Persentase kenaikan/penurunan
Variasi A	2,395	0,00%
Variasi B	2,372	2,29%
Variasi C	2,361	3,36%
Variasi D	2,348	4,62%
Variasi E	2,334	6,12%

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)



Gambar 5.14 Grafik Hubungan Berat Jenis Tanah Rawa Terhadap Variasi Semen Portland

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berdasarkan **Tabel 5.13** dan **Gambar 5.14** tersebut diketahui terjadi penurunan seiring penambahan 20% terak baja dan memvariasikan penambahan semen portland. Hal ini terjadi karena Semen portland memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dari tanah, selain itu material terak baja dan semen portland merupakan material yang mengisi rongga tanah dalam pengujian berat jenis.

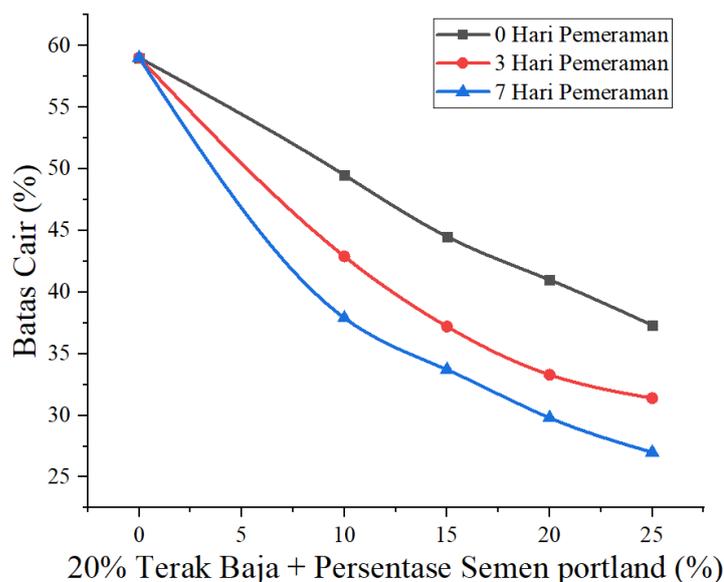
5.3.2 Batas cair

Dalam pengujian ini digunakan tanah lolos saringan No.40 dengan penambahan semen portland dan terak baja sesuai variasi dan pemeraman yang sudah ditentukan. Pemeraman dilakukan dengan cara mencampurkan tanah yang sudah ditambahkan dengan semen portland dan terak baja, kemudian diberikan air menggunakan kadar air optimum yang didapat dari pengujian pemadatan sesuai variasi yang digunakan. Berikut hasil pengujian batas cair :

Tabel 5.14 Rekapitulasi Nilai Batas Cair Tanah Rawa Pada Semua Variasi

Pemeraman (Hari)	Batas Cair (%)				
	Variasi A 0%	Variasi B 10%	Variasi C 15%	Variasi D 20%	Variasi E 25%
0	59	49,5	44,5	41	37,3
3	59	42,9	37,2	33,3	31,4
7	59	37,9	33,7	29,8	27

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)



Gambar 5.15 Grafik Hubungan Batas Cair Tanah Rawa Terhadap Variasi Semen Portland

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berdasarkan **Tabel 5.14** dan **Gambar 5.15** tersebut diketahui penambahan 20% terak baja dan penambahan semen portland sebesar 10% - 25% terhadap tanah Kp. Tegal Wangi No.62, Rawa Arum, Kec. Gerogol, Kota Cilegon, Banten, dapat menurunkan nilai batas cair, hal ini dikarenakan terak baja memiliki daya rekat yang rendah dan tidak mudah menyerap air. Sedangkan semen memiliki bentuk partikel lebih halus dari butiran tanah dan bersifat panas hidrasi atau penambahan semen dapat mempercepat penguapan air, selain itu semen akan memiliki daya rekat tinggi ketika kehilangan air.

5.3.3 Batas plastis

Dalam pengujian ini digunakan tanah lolos saringan No.40 dengan penambahan semen portland dan terak baja sesuai variasi dan pemeraman yang sudah ditentukan. Pemeraman dilakukan dengan cara mencampurkan tanah yang sudah ditambahkan dengan semen portland dan terak baja, kemudian diberikan air menggunakan kadar air optimum yang didapat dari pengujian pemadatan sesuai variasi yang digunakan

Berdasarkan **Tabel 5.15** dan **Gambar 5.16** tersebut diketahui penambahan material terak baja dan semen portland dapat menurunkan batas plastis terhadap tanah rawa, hal ini dapat terjadi di karenakan material terak baja yang bersifat non kohesif dan material semen yang bersifat panas hidrasi yang mempercepat penguapan air, selain itu semen akan bersifat mengeras ketika kehilangan air. Berikut hasil pengujian batas plastis :

Tabel 5.15 Rekapitulasi Nilai Batas Plastis Tanah Rawa Pada Semua Variasi

Pemeraman (Hari)	Batas Plastis (%)				
	Variasi A 0%	Variasi B 10%	Variasi C 15%	Variasi D 20%	Variasi E 25%
0 Hari	35,87	31,12	27,80	25,70	23,47
3 Hari	35,87	26,67	22,89	20,59	19,57
7 Hari	35,87	23,35	21,17	19,00	17,53

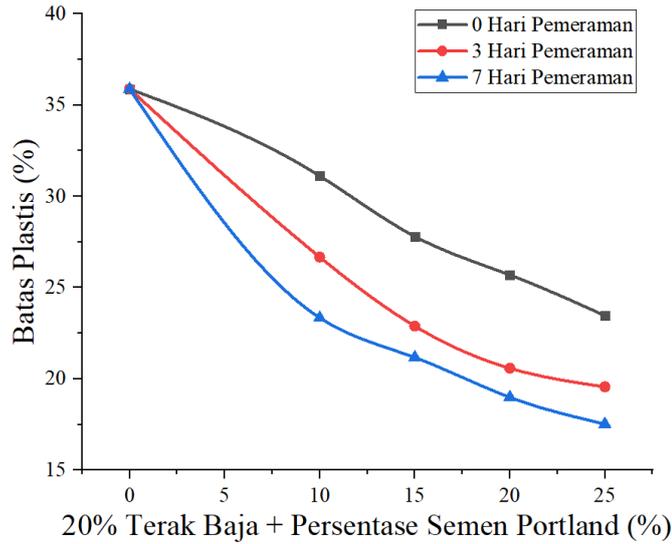
(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Batas cair dan batas plastis memiliki keterkaitan untuk menentukan nilai indeks plastisitas, yang mana indeks plastisitas merupakan selisih kadar air dari batas cair dan batas plastis. Pada **Tabel 5,16** dan **Gambar 5,17** diketahui seiring bertambahnya persentase semen portland menyebabkan penurunan nilai indeks plastisitas. Berikut nilai hasil indeks plastis :

Tabel 5.16 Rekapitulasi Nilai Indeks Plastisitas Tanah Rawa Pada Setiap Variasi

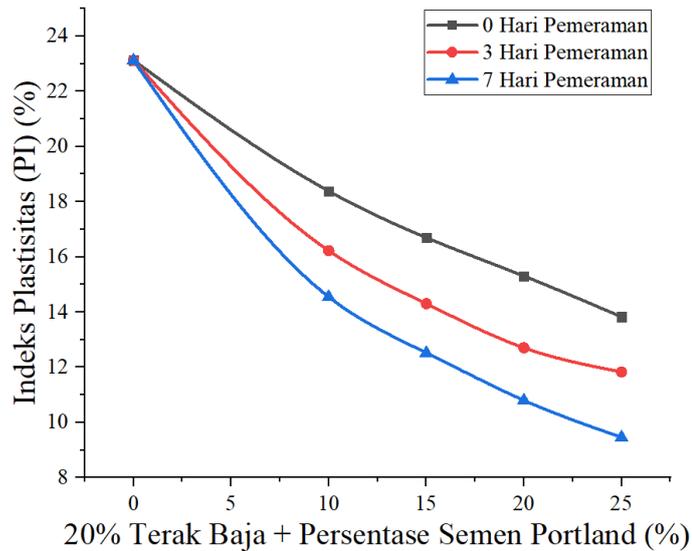
Pemeraman (Hari)	Indeks Plastisitas				
	Variasi A 0%	Variasi B 10%	Variasi C 15%	Variasi D 20%	Variasi E 25%
0 Hari	23,13	18,38	16,70	15,30	13,83
3 Hari	23,13	16,23	14,31	12,71	11,83
7 Hari	23,13	14,55	12,53	10,80	9,47

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)



Gambar 5.16 Grafik Hubungan Batas Plastis Tanah Rawa Terhadap Variasi Semen Portland

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)



Gambar 5.17 Grafik Hubungan Batas Plastis Tanah Rawa Terhadap Variasi Semen portland

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

5.3.4 Pematatan standar

Dalam pengujian ini masih sama seperti pengujian pematatan standar sebelumnya, menguunakan tanah tertahan saringan No.4 (4,75 mm) $\leq 40\%$ dan dibutuhkan minimal 5 pengujian untuk mendapatkan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum yang hasil pengujian ini akan digunakan dalam pembuatan sampel uji CBR Laboratorium, hanya saja pada pengujian ini tanah dicampurkan dengan terak baja dan semen portland sesuai variasi yang sudah ditentukan. Berikut merupakan hasil dari pengujian pematatan standar tiap variasi :

Tabel 5.17 Rekapitulasi Nilai Kadar Air Optimum Tanah Rawa Dan Berat Isi Kering Maksimum Pada Setiap Variasi

Variasi	kadar air optimum (%)	γ Dry max (gram/cm ³)
Variasi A	28,00	1,035
Variasi B	28,15	1,311
Variasi C	28,60	1,273
Variasi D	29,60	1,249
Variasi E	30,45	1,226

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berdasarkan **Tabel 5.17**, terjadi peningkatan kebutuhan kadar air seiring diberikanya terak baja 20% dan penambahan semen portland untuk mencapai kadar air optimum. hal ini dapat terjadi karena Semen portland berbutiran halus yang dapat lolos saringan No.200, hal tersebut yang menyebabkan peningkatan kebutuhan air. Sedangkan terjadi penurunan berat isi kering maksimum seiring penambahan semen portland, ini disebabkan butiran semen portland cenderung menggantikan persentase tanah. Hasil dari pengujian ini akan digunakan dalam perhitungan kebutuhan sampel pengujian CBR Laboratorium. Berikut ini perhitungan kebutuhan tanah asli, air, terak baja dan semen portland pada variasi B :

1. Kebutuhan tanah untuk pengujian *California Bearing Ratio* (CBR)

$$\begin{aligned} \text{Volume mold CBR} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (15,18 \text{ cm})^2 \times 16,85 \text{ cm} \\ &= 3047,987 \text{ cm}^3 \\ \gamma \text{ dry maksimum} &= 1,311 \text{ gram/cm}^3 \text{ (hasil pengujian pematatan tanah)} \\ \text{Massa tanah asli} &= \text{Volume mold CBR} \times \gamma \text{ dry maksimum} \\ &= 3047,987 \text{ cm}^3 \times 1,28 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

$$= 3995,91 \text{ gram (untuk satu mold)}$$

2. Kebutuhan bahan Tambah

a. Kebutuhan Terak baja (Variasi 20%)

$$\begin{aligned} \text{Massa Terak baja} &= \text{massa tanah asli} \times \% \text{ Terak baja} \\ &= 3995,91 \times 20\% \\ &= 799,18 \text{ gram} \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Semen portland (Variasi 10%)

$$\begin{aligned} \text{Massa Semen portland} &= \text{Massa tanah} \times \% \text{ Semen portland} \\ &= 3995,91 \times 10\% \\ &= 399,59 \text{ gram} \end{aligned}$$

3. Kebutuhan air

$$\begin{aligned} \text{Bahan tambah} &= \text{Total massa benda uji} \times \text{kadar air optimum} \\ &= 5194,68 \times 28,15\% \\ &= 1462 \text{ gram} \end{aligned}$$

Berikut ini rekapitulasi kebutuhan tanah asli, Terak baja, Semen portland dan air pada semua variasi :

Tabel 5.18 Rekapitulasi Kebutuhan Sampel Pengujian CBR Tanah Rawa Pada Setiap Variasi

Variasi	Kadar air opt (%)	Massa tanah asli (gram)	Massa Semen portland (gram)	Massa Terak baja (gram)	Total massa (gram)	Massa air (mL)
A	28,00	3156,191	0	0	3156,191	884
B	28,15	3995,911	399,5911	799,1822	5194,684	1462
C	28,60	3880,087	582,0131	776,0175	5238,118	1498
D	29,6	3807,698	761,5396	761,5396	5330,777	1578
E	30,45	3735,308	933,827	747,0616	5416,197	1649

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

5.4 Hasil Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR)

Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) merupakan pengujian untuk memperoleh nilai perbandingan suatu lapisan material terhadap beban standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. pengujian ini dilakukan berdasarkan (SNI 1744:2012). Tanah yang digunakan merupakan tanah yang lolos saringan No.4 (4,75 mm). Dalam pembuatan benda uji, tanah di berikan air dengan kadar air optimum yang didapat dari pengujian pemadatan standar sebelumnya,

pengujian ini dilakukan dengan membuat 3 sampel uji dengan jumlah tumbukan yang berbeda, yaitu 10, 30 dan 65 tumbukan. Proses penumbukan dilakukan sebanyak 3 layer untuk satu sampel uji. Hasil dari pengujian ini akan mengetahui kekuatan tanah dasar yang telah di padatkan, dari data tersebut dapat ditentukan juga nilai CBR desain yang dapat digunakan dalam perencanaan tanah dasar di lapangan.

Pada penelitian ini penulis melakukan pengujian dengan mencampurkan tanah asli dengan bahan tambah sesuai variasi yang sudah ditentukan di awal. Untuk pengujianya dilakukan setelah pemeraman sampel CBR pada saat 0, 3 dan 7 hari. Untuk 0 hari, pengujian dilakukan di hari yang sama, sedangkan untuk 3 dan 7 hari di diamkan di dalam plastik sampai waktu yang ditentukan kemudian di lakukan pengujian.



Gambar 5.18 Tanah Rawa Yang Sudah Dicampur Bahan Tambah Untuk Sampel CBR

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)



Gambar 5.19 Sampel CBR tanah rawa yang akan di peram menggunakan plasrik

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

$$\begin{aligned}
 &= 3922 \text{ g} / 2125 \text{ cm}^3 \\
 &= 1,846 \text{ g/cm}^3 \\
 \text{Densitas kering} &= \text{Densitas basah} / (1 + \text{kadar air sampel}^*) \\
 &= 1,846 \text{ g/cm}^3 / (1 + 27,27\%) \\
 &= 1,450 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

*kadar air sampel diperoleh dari masing – masing sampel CBR.

$$\begin{aligned}
 \text{Kalibrasi } \textit{proving ring} &= 16,24 \text{ lb} \\
 \text{Beban penetrasi (pada 0,1 in)} &= \text{pembacaan arloji ukur beban} \times k \\
 &= 59 \times 16,24 \text{ lb} \\
 &= 958,16 \text{ lb} \\
 \text{Beban penetrasi (pada 0,2 in)} &= \text{pembacaan arloji ukur beban} \times k \\
 &= 76 \times 16,24 \text{ lb} \\
 &= 1234,24 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai CBR pada penetrasi 0,1 in dan 0,2 in :

$$\begin{aligned}
 0,1 \text{ in} &= \frac{958,16}{3000} \times 100 = 31,95\% \\
 0,2 \text{ in} &= \frac{1234,24}{4500} \times 100 = 27,43\%
 \end{aligned}$$

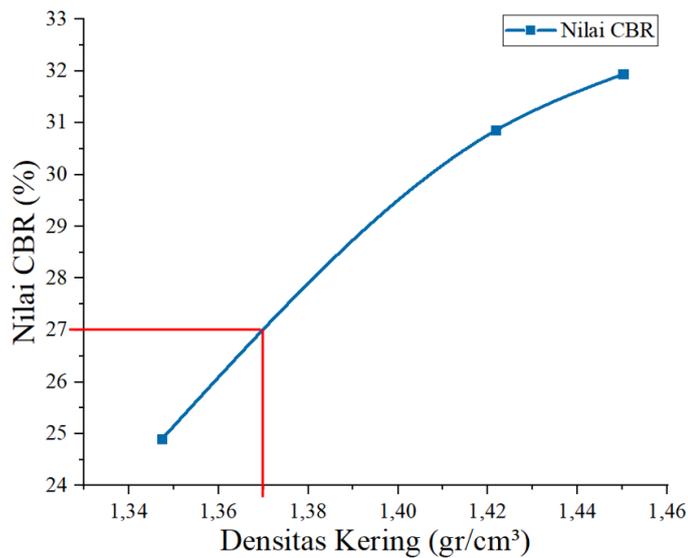
2. Menentukan nilai CBR rencana

Setelah melakukan perhitungan pada sampel yang lain, maka nilai CBR rencana dapat di tentukan berdasarkan nilai CBR dan densitas kering dari tiap tumbukan. Berdasarkan data pada **Tabel 5.19** dapat ditentukan nilai CBR rencana pada densitas kering maksimum 95%. Pada **Gambar 5.21**, didapat nilai densitas kering desain dari 95% densitas kering pada sumbu x, lalu ditarik ke atas sampai mengenai grafik dan ditarik ke kiri menuju sumbu y untuk mengetahui nilai CBR Rencananya. Dan diketahui nilai CBR Rencana pada sampel variasi B dengan pemeraman 7 hari sebesar 27%. Berikut rekapitulasi nilai CBR dan densitas kering pada variasi B tumbukan 65 dengan pemeraman 7 hari :

Tabel 5.19 Rekapitulasi nilai CBR tanah rawa setiap tumbukan pada variasi B

Jumlah tumbukan	10	30	65
CBR (%)	24,90	30,86	31,94
Densitas kering (g/cm ³)	1,347	1,422	1,450

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)



Gambar 5.21 Grafik CBR desain tanah rawa pada variasi B pemeraman 7 hari
(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berikut rekapitulasi nilai CBR pada tiap tumbukan berdasarkan variasi penambahan Semen portland dan lama pemeraman :

Tabel 5.20 Rekapitulasi nilai CBR tanah rawa pada variasi A (100% tanah asli)

Waktu Pemeraman	Jumlah Tumbukan dan (%) nilai CBR			CBR rencana (%)
	10	30	65	
0 Hari	0,97	1,25	1,62	1,00
3 Hari	1,62	2,33	2,71	2,05
7 Hari	1,84	2,49	2,87	2,35

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Tabel 5.21 Rekapitulasi nilai CBR tanah rawa + terak baja 20%

Waktu Pemeraman	Jumlah Tumbukan dan (%) nilai CBR			CBR rencana (%)
	10	30	65	
0 Hari	3,79	6,50	9,20	4,00
3 Hari	8,66	17,32	20,57	13,50
7 Hari	18,41	23,82	27,07	22,20

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Tabel 5.22 Rekapitulasi nilai CBR tanah rawa pada variasi B (tanah asli + terak ibaja 20% + semen portland 10%)

Waktu Pemeraman	Jumlah Tumbukan dan (%) nilai CBR			CBR rencana (%)
	10	30	65	
0 Hari	9,74	10,56	12,72	10,50
3 Hari	16,24	19,49	21,65	17,50
7 Hari	24,90	30,86	31,94	27,10

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Tabel 5.23 Rekapitulasi nilai CBR tanah rawa pada variasi C (tanah asli + terak baja 20% + semen portland 15%)

Waktu Pemeraman	Jumlah Tumbukan dan (%) nilai CBR			CBR rencana (%)
	10	30	65	
0 Hari	17,32	20,57	22,74	18,40
3 Hari	21,65	32,48	33,56	25,00
7 Hari	25,44	35,19	36,81	26,00

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Tabel 5.24 Rekapitulasi nilai CBR tanah rawa pada variasi D (tanah asli + terak baja 20% + semen portland 20%)

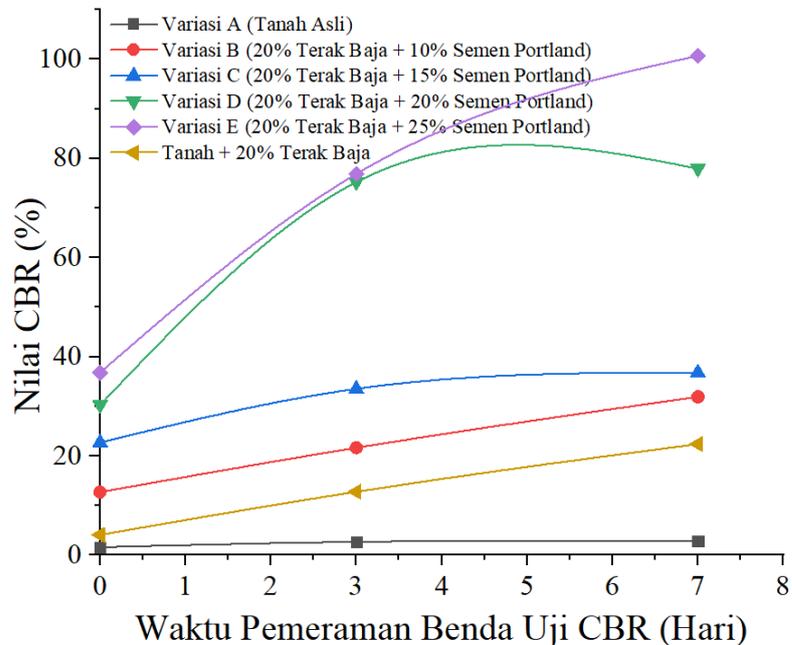
Waktu Pemeraman	Jumlah Tumbukan dan (%) nilai CBR			CBR rencana (%)
	10	30	65	
0 Hari	20,03	26,53	30,31	26,00
3 Hari	41,14	61,17	75,25	55,00
7 Hari	42,22	62,25	77,95	65,00

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Tabel 5.25 Rekapitulasi nilai CBR tanah rawa pada variasi E (tanah asli + terak baja 20% + semen portland 25%)

Waktu Pemeraman	Jumlah Tumbukan dan (%) nilai CBR			CBR rencana (%)
	10	30	65	
0 Hari	26,53	33,02	36,81	28,50
3 Hari	45,47	75,79	76,87	61,00
7 Hari	47,64	95,27	100,69	82,00

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)



Gambar 5.22 Hubungan nilai CBR tanah rawa terhadap penggunaan terak baja 20% + peningkatan penggunaan dari semen portland Pada Pemeraman 0, 3, 7 hari
(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berdasarkan **Gambar 5.22** pengujian tersebut didapatkan nilai CBR terus meningkat seiring penambahan Semen portland, selain itu waktu pemeran juga sangat berperan penting dalam peningkatan nilai CBR untuk memberikan waktu semen yang terkandung pada sampel mengeras ketika sedikit demi sedikit kehilangan kandungan air. Terlihat pada grafik, didapat nilai CBR tanah asli sebesar 2,87%. Pada variasi B dengan penambahan Terak baja 20% dan Semen portland 10% didapat nilai CBR sebesar 31,94% dan pada variasi C dengan penambahan Terak baja 20% dan Semen portland 15% didapat nilai CBR 31,81%, dari data tersebut terjadi peningkatan yang cukup stabil seiring penambahan Semen portland 10% - 15% dan lama waktu pemeraman. Sedangkan terjadi lonjakan peningkatan nilai CBR yang begitu tinggi Pada variasi D sebesar 77,95% dan variasi E sebesar 100,69% dengan penambahan Semen portland 20% - 25%.

5.5 Perbandingan

Lahan rawa biasanya sering ditemui pada daerah tansisi antara perairan dan daratan seperti (sungai, danau dan laut). Lahan rawa terbentuk dapat melalui berbagai macam proses, setiap lahan rawa memiliki proses pembentukan yang khas sesuai kondisi lingkungan sekitarnya. Lahan rawa dataran banjir sungai seperti lahan rawa lebak terbentuk melalui proses erosi dan pengendapan sedimen di lahan sekitar sungai.

Seiring berjalanya waktu tanah rawa mengalami perubahan sifat – sifat, seperti peningkatan atau penurunan kandungan suatu bahan atau mineral dalam horizon tanah, secara kualitas atau kuantitas atau hilangnya suatu lapisan sedimen. Selama proses genesis maka semua sifat tanah seperti kimia, biologi dan fisik mengalami perubahan. Berdasarkan rejim hidrologinya, lahan rawa dibedakan atas dua tipologi lahan, yaitu rawa lebak dan rawa pasang surut.

Lahan rawa, secara khusus tidak bisa diartikan bahwa semua lahan yang basah dapat dikategorikan sebagai lahan rawa, hal ini disebabkan kriteria lahan rawa membawa pada konsekuensi kondisi tanah yang jenuh air atau tergenang untuk jangka waktu tertentu. Kondisi tersebut berimplikasi pada hanya jenis tanaman tertentu yang mampu beradaptasi. Ketika tanah menjadi basah, pori-pori tanah mulai terisi air sehingga ketersediaan oksigen menjadi terbatas dan akhirnya tanah

menjadi jenuh, sedangkan pada daerah yang tidak masuk dalam kategori rawa maka air akan cepat di drainase sehingga tanah tidak jenuh. Kondisi jenuh menyebabkan suasana anaerob, reaksi keseimbangan dalam tanah menjadi sangat berbeda dibandingkan tanah yang aerob karena air menjadi faktor utama yang menentukan keseimbangan tersebut, baik secara fisik, kimia maupun biologi.

Lahan rawa adalah sebuah kata yang menunjukkan kondisi lahan yang berhubungan dengan keberadaan air sebagai faktor kuncinya. Berdasarkan posisinya, maka lahan ini selama sepanjang tahun, atau dalam waktu yang panjang dalam setahun (beberapa bulan) tergenang dalam, dangkal, selalu jenuh air, atau mempunyai air tanah dangkal, sehingga secara langsung atau tidak langsung sangat mempengaruhi sifat lahan tersebut.

5.5.1 Tanah rawa

A. Tanah sebelum di stabilisasi

Berikut ini merupakan perbandingan data fisis tanah rawa yang digunakan oleh penulis terhadap tanah rawa yang dilakukan oleh penelitian terdahulu. Jenis tanah rawa yang digunakan kemungkinan berbeda karena material tanah yang digunakan diambil dari tempat yang berbeda, besar kemungkinannya akan terjadi perbedaan nilai hasil pengujian dan berpengaruh pada sifat fisis masing – masing tanah.

Tabel 5.26 Rekapitulasi perbandingan nilai sifat fisis & mekasis tanah rawa dengan penelitian terdahulu sebelum distabilisasi

Jenis Pengujian	Satuan	Nilai Hasil Pengujian		
		Tanah Rawa		
		Unsoaked		
		Alamsyah, 2023 (yang sedang meneliti)	Gazali dkk, 2022	Ibrahim dkk, 2020
Kadar Air	%	70,48		
Berat Jenis		2,395	2,324	2,19
Atterberg Linit				
- Batas Cair	%	59,00	49,1	67,71
- Batas Plastis	%	35,87	34,75	43,4
- Indeks Plastis	%	23,13	14,34	24,31
Analisa Saringan				
- Lolos saringan no 200	%	56,80	89,93	

- Klasifikasi tanah		AASTHO = A-7-5 USCS = MH-OH	AASTHO = A-7-5 USCS = ML-OL	
Pemadatan				
- Kadar Air Optimum	%	28,00	40,18	24,68
- Berat Isi Kering maksimum	gram/cm ³	1,09	1,07	1,22
Dynamic Cone Penetrometer	%	0,92		
CBR	%	1,62	4,2	2,43

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berdasarkan data hasil pengujian yang tertera pada **Tabel 5.26** terdapat kemiripan hasil pengujian dengan penelitian yang di lakukan oleh (Ibrahim dkk., 2020), dengan kemiripan hasil pengujian *atterberg limit* dapat menunjukkan bahwa jenis tanah yang digunakan terdapat kesamaan karena dari data *atterberg limit* tersebut dapat menentukan jenis tanah berdasarkan kalsifikasi USCS. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Gazali dkk., 2022) terdapat perbedaan pada beberapa hasil pengujian, hal ini dapat terjadi karena material tanah yang digunakan diambil dari tempat yang berbeda namun jika dilihat dari klasifikasi tanahnya berdasarkan sistem AASTHO, tanah tergolong kedalam A-7-5 hal ini menunjukkan tanah memiliki kesamaan .

Dari ketiganya terdapat kemiripan pada nilai berat jenis tanah yang tidak terpaut jauh, hal ini menunjukkan tanah rawa memiliki ukuran butiran yang mirip meskipun memiliki jenis tanah rawa yang berbeda. Meskipun terdapat beberapa perbedaan dalam hasil pengujian tidak menutup kemungkinan tanah memiliki sifat fisis yang sama, mengingat bahwa tanah rawa sering terdapat pada lokasi yang dekat dengan perairan.

B. Tanah setelah di stabilisasi

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Alamsyah, 2023 (Penulis) menggunakan 20% Terak baja sebagai variasi tetap dan Semen Portland dengan variasi bebas sebagai bahan untuk stabilisasi. Bahan stabilisasi yang digunakan dalam penelitian (Gazali dkk., 2022) yaitu Semen portland dengan variasi bebas dan 1% matos. Dan bahan stabilisasi yang digunakan dalam penelitian (Ibrahim dkk., 2020) yaitu Semen prtland dengan variasi bebas dan Petrasoil 1:75. Berikut ini merupakan

perbandingan data fisis setelah dilakukannya stabilisasi terhadap masing – masing tanah rawa yang di uji:

Tabel 5.27 Rekapitulasi perbandingan nilai sifat fisis tanah rawa dengan penelitian terdahulu setelah distabilisasi

Jenis Pengujian	Satuan	Nilai Hasil Pengujian		
		Tanah Rawa		
		Unsoaked		
		Alamsyah, 2023 (yang sedang meneliti)	Gazali, 2022	Ibrahim, 2020
Berat Jenis		2,334	2,444	2,56
Atterberg Linit				
- Batas Cair	%	27,00	54,7	49,86
- Batas Plastis	%	17,53	44,21	38,52
- Indeks Plastis	%	9,47	10,49	11,34

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

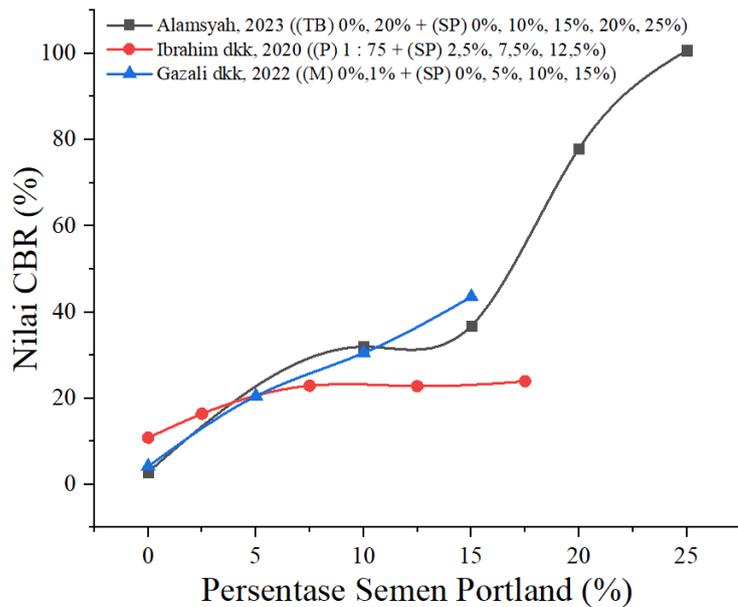
Berdasarkan perbandingan data hasil pengujian pada **Tabel 5.27** tanah rawa mengalami penurunan nilai indeks plastisitas <17%. Berdasarkan **Tabel 5.6** Tanah rawa mengalami perubahan sifat fisis yang mula tanah rawa memiliki plastisitas tinggi dan setelah dilakukannya stabilisasi tanah rawa menjadi plastisitas rendah. Namun meski penggunaan terak baja dan semen portland dapat merubah sifat fisis tanah rawa menjadi plastisitas rendah, hal ini tidak menurunkan daya dukung tanah tersebut. Dapat dilihat pada **Gambar 5.22** didapat nilai CBR tertinggi dengan hasil sebesar 100,69%, hal ini dapat terjadi karena sifat dari material semen portland yang dapat mengeras ketika kehilangan air yang mengakibatkan meningkatnya nilai CBR pada tanah rawa.

Tabel 5.28 *Positioning* nilai CBR tanah rawa terhadap penelitian sebelumnya

Nama Peneliti	Material Sampel CBR (%)						Durasi Pemeraman	CBR (%)
	Tanah Asli	Steel Slag	Semen Portland	Matos	Petrasoil	Semen Slag		
<i>CBR Unsoaked</i>								
Alamsyah (2023)	100	0	0	-	-	-	7 Hari	2,87
	100	20	10	-	-	-		31,94
	100	20	15	-	-	-		36,81
	100	20	20	-	-	-		77,95
	100	20	25	-	-	-		100,69
Gazali dkk, (2022)	100	-	0	0	-	-	28 Hari	4,20
	94	-	5	1	-	-		20,50
	89	-	10	1	-	-		30,50

	84	-	15	1	-	-		43,50
Ibrahim dkk, (2020)	100	-	0	-	0	-	0 Hari	10,85
	100	-	2,5	-	1 : 75	-		16,39
	100	-	7,5	-	1 : 75	-		22,92
	100	-	12,5	-	1 : 75	-		22,81
	100	-	17,5	-	1 : 75	-		23,91

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)



Gambar 5.23 Grafik perbandingan nilai CBR tanah rawa alamsyah terhadap penelitian ibrahim dan gazali

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Jika di bandingkan dengan penelitian terdahulu terdapat pola yang hampir sama, yaitu terjadi peningkatan seiring bertambahnya persentase Semen portland. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Gazali dkk., 2022), beliau melakukan pengujian dua kali dengan titik yang berbeda, namun nilai CBR yang digunakan sebagai pembanding merupakan nilai CBR terbesar yaitu pada titik lokasi 1 dengan nilai 43,50% dengan variasi penambahan semen 15% dan matos 1% dengan pemeraman 28 hari. Sedangkan didapat nilai CBR tertinggi pada penelitian (Ibrahim dkk., 2020) dengan persentase semen portland 17,5% dan petrasoil 0,013% tanpa pemeraman sebesar 23,91%.

5.5.2 Tanah bukan rawa

A. Tanah sebelum di stabilisasi

Berikut ini merupakan perbandingan data sifat fisis tanah rawa yang dilakuakn oleh Alamsyah, 2023 (Penulis) terhadap tanah bukan rawa yang dilakukan oleh beberapa peneliti terhadulu:

Tabel 5.29 Rekapitulasi perbandingan nilai sifat fisis & mekasis tanah rawa dengan penelitian terdahulu yang bukan tanah rawa sebelum distabilisasi

Jenis Pengujian	Satuan	Nilai Hasil Pengujian				
		Tanah Rawa	Tanah Non Rawa			
		Unsoaked				Soaked
		Alamsyah, 2023 (yang sedang meneliti)	Enden dkk, 2021	Rama dkk, 2020	Woelandari dkk, 2020	Enden dkk, 2021
Kadar Air	%	70,48	42,62			11,59
Berat Jenis		2,395	2,63	2,58	2,64	2,64
Atterberg Linit						
- Batas Cair	%	59,00	60,3	51	51	51
- Batas Plastis	%	35,87	32,76	13,64	30,89	30,89
- Indeks Plastis	%	23,13	27,54	37,36	19,86	20,11
Analisa Saringan						
- Lolos saringan no 200	%	56,80	52		64,9	64,9
- Klasifikasi tanah		AASTHO = A-7-5 USCS = MH-OH	USCS = OH	USCS = OH	USCS = OH	USCS = OH
Pemadatan						
- Kadar Air Optimum	%	28,00	34	31	33,9	33
- Berat Isi Kering maksimum	gram/cm ³	1,09	1,343	1,4	1,262	1,375
Dynamic Cone Penetrometer	%	0,92		2,16	2,4	
CBR	%	1,62	2,4	4,25	3,4	1,95

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berdasarkan perbandingan data hasil pengujian pada **Tabel 5.29** terlihat banyak kemiripan hasil pengujian yang tidak begitu terpaut jauh, meskipun jenis tanah dan pengambilan material tanah berbeda tidak menutup kemungkinan hasil pengujian terdapat kemiripan. Hasil pengujian yang dapat menunjukkan jenis tanah yang digunakan berbeda dapat di lihat dari nilai berat jenis tanah tersebut, terlihat bahwa nilai berat jenis tanah rawa cenderung lebih kecil dibandingkan jenis tanah bukan

rawa, hal ini menunjukkan tanah rawa cenderung memiliki ukuran yang lebih kecil dari jenis tanah yang bukan tanah rawa.

B. Tanah setelah di stabilisasi

Dibawah ini merupakan perbandingan sifat fisis tanah rawa dengan tanah bukan rawa setelah dilakukanya stabilisasi. Dalam penelitian yang dilakukan (Mina dkk., 2021), (Kusuma dkk., 2020) dan (Woelandari dkk., 2020) menggunakan *Semen Slag* sebagai bahan stabilisas. Berikut rekapitulasi data perbandingan sifat fisis:

Tabel 5.30 Rekapitulasi perbandingan nilai sifat fisis tanah rawa dengan penelitian terdahulu yang bukan tanah rawa sebelum distabilisasi

Jenis Pengujian	Satuan	Nilai Hasil Pengujian			
		Tanah Rawa	Tanah Non Rawa		
		Unsoaked			
		Alamsyah, 2023 (yang sedang meneliti)	Enden dkk, 2021	Rama dkk, 2020	Woelandari dkk, 2020
Berat Jenis		2,334	2,721		
Atterberg Linit					
- Batas Cair	%	27,00		27	37
- Batas Plastis	%	17,53		18,46	25,33
- Indeks Plastis	%	9,47	9,64	8,54	11,88

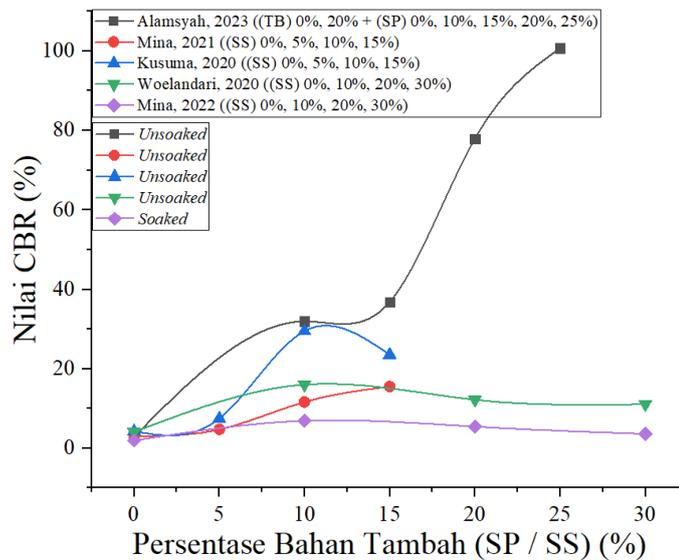
(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Berdasarkan perbandingan data hasil pengujian pada **Tabel 5.30** menunjukkan penggunaan 20% terak baja dan semen portland dengan variasi bebas memiliki hasil yang mirip dengan penggunaan *semen slag* sebagai bahan stabilisasi, terlihat bahwa terjadinya penurunan nilai indeks plastisitas <17%. Berdasarkan **Tabel 5.6** tanah menjadi bersifat plastisitas rendah yang artinya tanah dapat digunakan sebagai lahan untuk tanah dasar (*Sub grade*). Namun penggunaan terak baja dan semen portland sebagai stabilisasi tanah rawa jauh lebih baik jika dibandingkan hanya menggunakan *semen slag* saja, dapat dilihat pada **Gambar 5.24** bahwa penggunaan terak baja dan semen portland mampu meningkatkan nilai CBR jauh lebih tinggi hingga 100,69% di bandingkan *semen slag*.

Tabel 5.31 *Positioning* nilai CBR tanah rawa terhadap penelitian sebelumnya yang bukan tanah rawa

Nama Peneliti	Material Sampel CBR (%)							CBR (%)
	Tanah Asli	Steel Slag	Semen Portland	Matos	Petrasoil	Semen Slag	Durasi Pemeraman	
<i>CBR Unsoaked</i>								
Alamsyah (2023)	100	0	0	-	-	-	7 Hari	2,87
	100	20	10	-	-	-		31,94
	100	20	15	-	-	-		36,81
	100	20	20	-	-	-		77,95
	100	20	25	-	-	-		100,69
Mina dkk, (2021)	100	-	-	-	-	0	3 Hari	3,00
	100	-	-	-	-	5		4,75
	100	-	-	-	-	10		11,62
	100	-	-	-	-	15		15,52
Kusuma dkk, (2020)	100	-	-	-	-	0	0 Hari	4,25
	100	-	-	-	-	5		7,50
	100	-	-	-	-	10		29,50
	100	-	-	-	-	15		23,50
Fthonah dkk, (2020)	109	-	-	-	-	0	7 Hari	4,10
	100	-	-	-	-	10		16,00
	100	-	-	-	-	20		12,20
	100	-	-	-	-	30		11,10
<i>CBR Soaked</i>								
Mina dkk, (2021)	100	-	-	-	-	0	7 Hari	1,95
	100	-	-	-	-	10		6,90
	100	-	-	-	-	20		5,45
	100	-	-	-	-	30		3,60

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)



Gambar 5.24 Grafik Perbandingan Nilai CBR tanah rawa alamsyah Terhadap Penelitian Enden, Kusuma dan Woelandari

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)

Jika dibandingkan terhadap penelitian terdahulu dengan bahan tambah yang berbeda yaitu semen *slag* yang dilakukan oleh (Kusuma dkk., 2020) terdapat peningkatan yang mendekati yaitu pada persentase semen *slag* 10% tanpa dilakukan pemeraman dengan hasil sebesar 29,50% nilai ini juga merupakan nilai optimum pada penelitiannya karena terjadi penurunan pada persentase berikutnya dengan penambahan semen *slag* 15%. Hal yang sama terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh (Woelandari dkk., 2020), didapat CBR optimum pada persentase semen *slag* 10% sebesar 16% dan terjadi penurunan pada persentase berikutnya. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Mina dkk., 2021) dengan bahan yang sama di dapat nilai CBR maksimum pada persentase semen *slag* 15% dengan pemeraman 3 hari sebesar 15,52%. Kemudian pada penelitian (Mina dkk., 2022) yang merujuk pada penelitian (Woelandari dkk., 2020) dengan metode pengujian yang berbeda yaitu dilakukan pengujian CBR *Soaked* (Terendam) didapat nilai CBR optimum pada persentase semen *slag* 10% dengan pemeraman 7 hari sebesar 6,90%. Berikut ini merupakan tabel *positioning* Nilai CBR terhadap penelitian sebelumnya:

Setelah membandingkan penelitian yang dilakukan oleh penulis terhadap peneliti terdahulu, dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan tambah dan lama waktu pemeraman sangat berpengaruh terhadap peningkatan nilai CBR. Perbedaan nilai CBR pada penelitian ini terhadap penelitian terdahulu dapat terjadi karena beberapa hal diantaranya adalah :

1. Jenis tanah yang berbeda

Hal ini sangat memungkinkan, karena tanah yang digunakan merupakan dari lokasi yang berbeda walaupun terdapat kesamaan.

2. Bahan yang digunakan

Dalam penelitian ini maupun penelitian terdahulu terdapat kesamaan maupun perbedaan dalam penggunaan bahan tambah. Perbedaan tersebut menyebabkan hasil yang berbeda juga.

3. Variasi bahan tambah

Jumlah penambahan material juga sangat berpengaruh terhadap hasil yang didapat. Semakin banyak material yang ditambahkan maka akan meningkatkan kekuatan.

4. Durasi pemeraman sampel

Dalam penelitian ini waktu sangat dibutuhkan karena proses esementasi membutuhkan waktu untuk meningkatkan kekuatan sampel.

5.6 Tata Cara Pelaksanaan Stabilisasi di Lapangan

Terdapat beberapa tahapan dalam pelaksanaan stabilisasi tanah di lapangan. Berikut merupakan tata cara pelaksanaan stabilisasi tanah di lapangan dengan penambahan Terak baja dan Semen portland:

1. Bersihkan area tanah yang akan stabilisasi dari material sampah, rumput dan benda organik lainnya.
2. Buat tanah menjadi gembur, setelah itu hamparkan Terak baja dan Semen portland yang sudah tercampur dengan bantuan alat penghampar
3. Melakukan proses pencampuran tanah dengan Terak baja dan Semen portland menggunakan alat SM
4. Melakukan pemadatan pada lapisan atas, dapat menggunakan pad foot vibratory compactor. Dalam proses pemadatan lakukan penyiraman beberapa kali untuk membantu material saling mengikat, penggunaan air dapat membantu partikel kecil mengisi rongga kosong pada tanah sehingga tanah tidak memiliki rongga.
5. Meratakan serta melakukan pelevelan pada jalan menggunakan greder untuk mendapatkan level jalan yang diinginkan
6. Proses selanjutnya memadatkan jalan menggunakan Vibro untuk mendapatkan kepadatan jalan yang baik
7. Memeriksa kepadatan tanah
8. Melakukan perawatan dengan menjaga kelembapan tanah campuran selama pelaksanaan
9. Melakukan uji kualitas dan pengendalian mutu secara berkala. Salah satunya pengecekan kelembapan untuk menentukan cara perawatan yang efektif.

Berikut ini merupakan standar yang digunakan untuk stabilisasi tanah di lapangan:

Tabel 5.32 Syarat Sifat untuk Stabilisasi Tanah Dasar dan Lapis Fondasi Tanah

Pengujian	Batas batas sifat			Metode pengujian
	Min	Target	Maks	

Nilai CBR (%) untuk campuran stabilisasi tanah dasar	12	15	-	SNI 1744:2012
UCS (kg/cm ³) untuk lapis fondasi tanah	20	24	35	SNI 03 6877:2002

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Berikut ini merupakan nilai minimum indeks plastisitas tanah yang harus di diperoleh pada tanah di lapangan:

Tabel 5.33 Standar Indeks Plastisitas untuk Material Jalan

Material	Indeks Plastisitas (%)
Subgrade	≤ 15%
Subbase	≤ 10%
Base course	≤ 4%

(Sumber : Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya Departemen PU, 1972)

Berdasarkan pengujian CBR Laboratorium, didapat nilai CBR tertinggi pada variasi E, yaitu pada penambahan Terak baja 20% dan Semen portland 25%. Tebal campuran dilapangan setinggi 30 cm lepas. Kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan campuran untuk luas tanah 1 m², berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tanah} &= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 0,3 \text{ m}^3 \\
 \gamma \text{ dry maksimum} &= 1,22 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 1,220 \text{ kg/cm}^3 \\
 \text{Massa tanah asli} &= \gamma \text{ dry maksimum} \times \text{volume tanah} \\
 &= 1,220 \text{ kg/cm}^3 \times 0,3 \text{ m}^3 \\
 &= 366 \text{ kg} \\
 \text{Massa Terak baja} &= \text{Massa tanah} \times \% \text{ Terak baja} \\
 &= 366 \text{ kg} \times 20\% \\
 &= 73,2 \text{ kg} \\
 \text{Massa Semen portland} &= \text{Massa tanah} \times \% \text{ Semen portland} \\
 &= 366 \text{ kg} \times 25\% \\
 &= 91,5 \text{ kg} \\
 \text{Tanah campuran} &= \text{Tanah asli} + \text{Terak baja} + \text{Semen portland} \\
 &= 366 \text{ kg} + 73,2 \text{ kg} + 91,5 \text{ kg} \\
 &= 530,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Penambahan air

Pada tahap ini lakukan pengecakan kadar air pada tanah di lapangan untuk mengetahui persentase air yang terkandung pada tanah asli, setelah itu diselisihkan dengan kadar air optimum untuk mengetahui penambahan kadar air yang dibutuhkan.

Dimisalkan dan diketahui:

$$\text{Kadar air tanah asli} = 28,44\%$$

$$\text{Kadar air optimum} = 30,45\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air tambahan} &= \text{kadar air opt} - \text{kadar air tanah asli} \\ &= 30,45\% - 28,45\% \\ &= 2\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{kadar air tambahan} \times \text{tanah campuran} \\ &= 2\% \times 530,7 \text{ kg} \\ &= 10,61 \text{ liter} \end{aligned}$$

Menurut *American Coal Ash Association* (1991), penambahan air untuk mencapai kadar air optimum berkisar antara 80-110% dari kadar air optimum untuk mencapai kepadatan yang memuaskan saat pemadatan. Perkiraan kebutuhan air berkisar 80% – 110% dari kadar air optimum. Berikut rekapitulasi kebutuhan bahan selama pelaksanaan srabilisasi di lapangan :

Tabel 5.34 Rekapitulasi Kebutuhan Untuk Stabilisasi di Lapangan

Kebutuhan/m ³			
Massa tanah (kg)	Massa Terak baja (kg)	Massa Semen portland (%)	Volume air (liter)
366	73,2	91,5	8,4 - 11,6

(Sumber : Dokumentasi penulis 2023)